

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. August 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/075936 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01B 11/00**,
G01S 5/16, B25J 9/16

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/000971

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Februar 2005 (01.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 005 380.4 3. Februar 2004 (03.02.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ISRA VISION SYSTEMS AG** [DE/DE]; Industries-
trasse 14, 64297 Darmstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WIENAND, Stephan**
[DE/DE]; In den Bruchgärten 21, 64673 Zwingenberg
(DE). **LAMBERT, Georg** [DE/DE]; Sandbergstrasse 59,
64285 Darmstadt (DE).

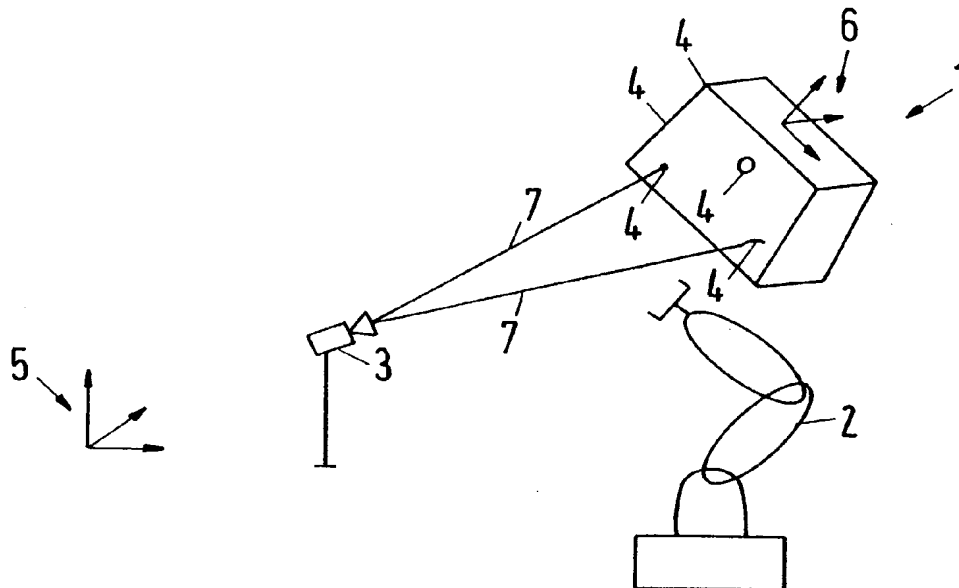
(74) Anwalt: **KEIL & SCHAAFHAUSEN**; Cronstettenstrasse
66, 60322 Frankfurt am Main (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE POSITION OF AN OBJECT IN A SPACE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER LAGE EINES OBJEKTS IM RAUM



(57) Abstract: The invention concerns a method for determining the position of an object (1) in a space, whereby the measurement parameters (4) of said object (1) are recorded with an optical photographing system (3) calibrated on a spatial system of coordinates (5) and the position of the object (1) in the spatial system of coordinates (5) is determined. In order to be able to determine in reliable manner the position, even with a limited number of photographing devices, it is proposed to detect simultaneously at least two measurement parameters (4) of the object (1) in a photographing device (3) and to use them to determine the position of the object (1).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/075936 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts im Raum (1) beschrieben, bei dem Messmerkmale (4) des Objekts (1) mit einer auf ein Raum-Koordinatensystem (5) kalibrierten optischen Aufnahmeeinrichtung (3) aufgenommen werden und anhand dieser Messmerkmale (4) in einer Bildverarbeitungseinrichtung die Lage des Objekts (1) in dem Raum-Koordinatensystem (5) bestimmt wird. Um eine zuverlässige Ermittlung der Lage auch mit wenigen Aufnahmeeinrichtungen zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass mindestens zwei Messmerkmale (4) des Objekts (1) in einer Aufnahmeeinrichtung (3) gleichzeitig erfasst und zur Bestimmung der Lage des Objekts (1) herangezogen werden.

- 1 -

Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts im Raum

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts im Raum, bei dem Messmerkmale des Objekts mit einer auf ein Raum-Koordinatensystem kalibrierten optischen Aufnahmeeinrichtung aufgenommen werden und anhand dieser Messmerkmale in einer Bildverarbeitungseinrichtung die Lage des Objekts in dem Raum-Koordinatensystem bestimmt wird. Derartige
10 Verfahren finden bspw. bei Produktions- und Montagevorgängen in automatisierten Produktionsstraßen Anwendung, bei denen mittels Handhabungsgeräten ein Arbeitsvorgang an einem Fertigungsobjekt unbekannter Lage durchgeführt werden soll.

15 In der EP 0 911 603 B1 ist zur optischen Bestimmung der Lage eines starren Körpers in einem räumlichen Koordinatensystem beschrieben, jede aus einer Auswahl von mindestens drei auf dem starren Körper vorhandenen Linien oder Kanten, deren Bezug zum körpereigenen Koordinatensystem bekannt ist, in einem ebenen Koordinatensystem abzubilden, wobei die Lage der ebenen
20 Koordinaten auf das räumliche Koordinatensystem bezogen ist und auf eine Zuordnung ausgezeichneter Punkte verzichtet wird. Die Kanten oder Linien werden in der Regel durch mehrere Kameras erfasst, wobei es auch möglich ist, eine in Bezug auf das räumliche Koordinatensystem kontrolliert bewegbare Kamera heranzuziehen und nacheinander mehrere Aufnahmen der Linien oder
25 Kanten zu machen.

Dabei besteht jedoch der Nachteil, dass entweder mehrere Kameras eingesetzt und gesondert kalibriert werden müssen oder die Bestimmung der Lage des Objekts im Raum lange dauert, weil mehrere Bilder aus unterschiedlichen Posi-
30 tionen aufgenommen werden müssen.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

- 2 -

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Möglichkeit zur Bestimmung der Lage eines Körpers im Raum vorzuschlagen, die eine zuverlässige Ermittlung der Lage eines Objekts im Raum mit weniger Kameras oder Kamerapositionen zulässt.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art im Wesentlichen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dazu werden mindestens zwei Messmerkmale des Objekts in einer Aufnahmeeinrichtung gleichzeitig erfasst und zur Bestimmung der Lage des Objekts herangezogen. Hierzu werden die Messmerkmale, deren Koordinaten in ihrem eigenen Koordinatensystem, insbesondere einem Objekt-Koordinatensystem, bekannt sind bzw. durch die Bildverarbeitung ermittelt werden können, in einem zweidimensionalen Koordinatensystem der Aufnahmeeinrichtung abgebildet. Da die durch die Position und Ausrichtung bestimmte Lage der Aufnahmeeinrichtung im Raum-Koordinatensystem und deren Abbildungseigenschaften bekannt ist, kann die Bildverarbeitung über an sich bekannte Auswerteverfahren eine Relation zwischen den in dem zweidimensionalen Koordinatensystem der Aufnahmeeinrichtung abgebildeten Messmerkmalen und dem Raum-Koordinatensystem herstellen. Über den bekannten Bezug der verschiedenen Messmerkmale zueinander in dem Objekt-Koordinatensystem kann dann auf die Anordnung der aufgenommenen Messmerkmale im Raum rückgeschlossen werden. Dies lässt eine Lagebestimmung des Objekts im Raum zu. Dabei können erfindungsgemäß auch Messmerkmale zu mehreren Gruppen zusammengefasst und in verschiedenen Teilmessungen erfasst werden, wobei die Koordinaten der Messmerkmale in einer Gruppe relativ zueinander bekannt sind, ohne dass die Koordinaten relativ zu Messmerkmalen anderer Gruppen ebenfalls bekannt sind. Durch Zusammenfassung der verschiedenen Teilmessungen können die Koordinaten des Gesamtkörpers mit erhöhter Genauigkeit bestimmt werden.

- 3 -

Bisher wurde angenommen, dass die optischen Achsen der Messeinrichtungen, mit denen die verschiedenen Messmerkmale zur Lagebestimmung aufgenommen wurden, im Raum unterschiedlich ausgerichtet sein müssen, um mathematisch stabile Lösungen der Auswertalgorithmen erreichen zu können. Dies hat es erforderlich gemacht, jedes Messmerkmal, das zur Bestimmung der Lage des Objekts im Raum herangezogen wurde, aus einer anderen Kameraposition aufzunehmen. Dies wurde entweder durch eine Vielzahl von Kameras erreicht, die an verschiedenen Orten aufgebaut und jeweils kalibriert sind, und hatte einen entsprechend großen apparativen Aufwand zur Folge. Alternativ konnte die Kamera auch nacheinander kontrolliert in verschiedene Aufnahmepositionen bewegt werden. Dies führte jedoch zu einer vergleichsweise langsamen Lagebestimmung, da alle Bilder nacheinander ausgewertet werden mussten. Mit der vorliegenden Erfindung hat sich nun herausgestellt, dass es möglich ist, mehrere Messmerkmale mit einer Kamera gleichzeitig zu erfassen und für die Lagebestimmung im Raum heranzuziehen. Dadurch wird die Geschwindigkeit bei der Bestimmung der Lage eines Objekts im Raum erheblich beschleunigt. Besonders vorteilhaft ist es dafür, wenn die verschiedenen, in einer Kamera erfassten Messmerkmale auf dem Objekt einen deutlichen, insbesondere möglichst großen Abstand aufweisen. Die erreichbare Genauigkeit hängt insbesondere von dem Abstand der Messmerkmale auf dem Objekt ab. Je nach gewünschter Genauigkeit kann daher ein bestimmter Abstand als Mindestabstand zwischen zwei Messmerkmalen vorgegeben werden. Bei geringeren Anforderungen an die Genauigkeit kann das erfindungsgemäße Verfahren jedoch auch mit dicht nebeneinander liegenden Messmerkmalen durchgeführt werden.

25

Um die Lage eines Objekts im Raum, d. h. dessen Position und Orientierung, genau ermitteln zu können, müssen alle sechs Freiheitsgrade des Objekts bestimmt werden. Dies kann erfindungsgemäß durch Auswertung von mindestens drei Merkmalen aus mindestens einem aufgenommenen Bild erreicht werden. Die Bestimmung einer Objektposition und -orientierung ist also durch Auswer-

30

– 4 –

tung von drei Messmerkmalen möglich, die in einer oder in mehreren Aufnahmen identifizierbar sind. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn alle zur Auswertung benötigten Messmerkmale mit einer Aufnahme erfasst werden. Es ist jedoch erfindungsgemäß auch möglich, bspw. eines der drei benötigten Messmerkmale mit einer zweiten Aufnahmeeinrichtung oder einer zweiten Aufnahme-
position der einen Aufnahmeeinrichtung zu erfassen. Durch die Zusammenfassung von mindestens zwei Merkmalen in einer Aufnahmeeinrichtung wird bereits eine erhebliche Verbesserung im Hinblick auf den apparativen Aufwand und/oder die Auswertegeschwindigkeit erreicht.

10

Mit nur drei Messmerkmalen kann jedoch kein Restfehler bestimmt werden. Bei Verwendung von vier oder mehr Messmerkmalen ist zusätzlich die Bestimmung eines Restfehlers nach einer Fehlerausgleichsrechnung möglich. Der Restfehler charakterisiert den Fehler zwischen der modellierten Geometrie und der Realität und ist daher ein Maß für die erreichte Genauigkeit. Erfindungsgemäß ist es jedoch vorteilhaft, nicht mehr als fünf Messmerkmale gleichzeitig mit einer Auswerteeinrichtung zu erfassen. Auch wenn der Restfehler mit der Anzahl der Messmerkmale abnimmt, hat es sich herausgestellt, dass eine Auswertung von mehr als fünf Messmerkmalen in einem Bild bei den bekannten Auswertemethoden nicht mehr zu einer signifikanten Verbesserung des Fehlers führt. Daher kann zur Vermeidung unnötiger Auswertearbeit auf eine größere Anzahl von auszuwertenden Messmerkmalen in einem Bild einer Auswerteeinrichtung verzichtet werden.

15

20

25

30

Je nach Anwendungsfall ist es möglich bzw. ausreichend, die Bestimmung der Lage des Objektes mit weniger als sechs Freiheitsgraden durchzuführen. Dabei sind beliebige Untermengen möglich. Bei einem zwei- oder eindimensionalen Messergebnis kann die Anzahl der notwendigen Messmerkmale aufgrund der reduzierten Freiheitsgrade auf zwei bzw. eins verringert werden. Prinzipiell ist die Bestimmung der Lage des Objektes in sechs bis ein Freiheitsgraden mög-

– 5 –

lich. Die Bestimmung von fünf und sechs Freiheitsgraden wird durch mindestens drei Messmerkmale, die Bestimmung von drei und vier Freiheitsgraden durch mindestens zwei Messmerkmale und die Bestimmung von einem und zwei Freiheitsgraden durch mindestens ein Messmerkmal möglich. Auch die Erfas-
5 sungs von nur einem Messmerkmal in einer Aufnahmeeinrichtung kann mit einem erfindungsgemäßen Aufnahme- und Auswertesystem durchgeführt werden, das zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens handelt es sich
10 bei den Messmerkmalen insbesondere um ausgezeichnete Punkte, d. h. punktförmige Merkmale, die selbst keine Orientierung im Raum aufweisen. Eine solche Orientierung der Messmerkmale im Raum ist für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Gegensatz zu vielen aus dem Stand der Technik bekannten Methoden nicht notwendig und bietet im Vergleich zu Kanten bspw.
15 den Vorteil, dass die Position eines ausgezeichneten Punktes im Raum immer eindeutig ist. Bei einer Kante oder einer anderen geometrischen Kontur ist dagegen zunächst nicht bekannt, welcher Punkt der Kante genau erfasst ist. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich jedoch auch bei Messmerkmalen anwenden, die als Kanten (mathematische Kurven, Geraden) oder sonstigen be-
20 schreibbaren geometrischen Formen ausgebildet sind, wobei sich in diesem Fall der Auswerteaufwand erhöht. Bei einer Kante kann der Winkel der Kante im Raum als zusätzliche Randbedingung verwendet werden, um die Robustheit und Stabilität des mathematischen Lösungsmodells zu erhöhen. Das Verfahren lässt sich erfindungsgemäß auch bei einer Konturauswertung mit beliebig vielen
25 Punkten anwenden.

Obwohl das Verfahren gut mit einer einzigen Aufnahmeeinrichtung ausgeführt werden kann, können erfindungsgemäß auch mehrere Aufnahmeeinrichtungen verwendet werden. Die Anzahl sowie die Anordnung der an der Messung betei-
30 ligten Aufnahmeeinrichtungen kann dabei von der Ausdehnung und Geometrie

- 6 -

des zu messenden Objekts sowie der erforderlichen Genauigkeit des Messergebnisses abhängig gemacht werden.

5 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann ein Messmerkmal auch in mehreren Aufnahmeeinrichtungen abgebildet werden. Damit erhöht sich im Allgemeinen die Genauigkeit des Gesamtergebnisses um den Beitrag dieses Messmerkmals, weil hierdurch eine nicht unbedingt notwendige Überbestimmung erreicht und zur Erhöhung der Genauigkeit ausgenutzt wird.

10 Um eine hohe Flexibilität zu erhalten, können erfindungsgemäß eine oder mehrere stationäre und/oder insbesondere mittels eines Handhabungsgerätes bewegbare Aufnahmeeinrichtungen verwendet werden. Dabei können sich an einem Handhabungsgerät auch mehrere fest miteinander verbundene Kameras befinden. Durch den Einsatz eines Handhabungsgerätes ist es auch möglich,
15 eine Aufnahmeeinrichtung nacheinander an verschiedene Messpositionen zu bringen und dort Bilder aufzunehmen. Bei diesen bewegten Handhabungseinrichtungen muss das Handhabungsgerät entweder immer die gleichen Raumpositionen anfahren, an denen die Aufnahmen stattfinden, oder die kalibrierten Koordinaten seiner eigenen Raumposition ermitteln können und an die Bildverarbeitung übergeben.
20

Dies kann bspw. durch eine dreidimensionale Kalibrierung der Aufnahmeeinrichtung an dem Handhabungsgerät erfolgen, so dass aufgrund der kontrollierten Bewegung des Handhabungsgerätes die Lage der Aufnahmeeinrichtung an dem
25 Handhabungsgerät in jedem erreichbaren Bewegungszustand bekannt ist. Es ist auch möglich, die Lage der Aufnahmeeinrichtung selbsttätig durch Vermessen von Merkmalen mit bekannten Koordinaten und/oder durch den Einsatz externer Messmittel zu bestimmen. Insbesondere ist es denkbar, die bewegten Aufnahmeeinrichtungen außerhalb des eigentlichen Messraumes, an dem die Lage des
30 Objektes zu bestimmen ist, zu kalibrieren, indem ein Kalibriermedium außerhalb

dieses Messraumes angebracht ist. Dazu kann die zu kalibrierende Aufnahmeeinrichtung durch das Handhabungsgerät so bewegt werden, dass das Kalibriermedium durch die Aufnahmeeinrichtung abgebildet wird. Aus der bekannten Lage des Kalibriermediums lässt sich dann die Lage der Aufnahmeeinrichtung
5 ermitteln und deren Kalibrierung durchführen. Dies hat den Vorteil, dass das zu vermessende Objekt vor der Kalibrierung nicht demontiert werden muss. Durch die vorbeschriebenen besonders vorteilhaften Kalibriermöglichkeiten wird erreicht, dass für eine bewegbare Aufnahmeeinrichtung nach einer Bewegung des Handhabungsgerätes die Lage der Aufnahmeeinrichtung in dem Raum-
10 Koordinatensystem bestimmt wird. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch von der Kalibriermethode unabhängig und kann mit beliebigen Kalibrierungen eingesetzt werden.

Gemäß einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Variante wird die Aufnahmeeinrichtung derart positioniert, dass zwischen in die Aufnahmeeinrichtung fallenden
15 Sehstrahlen, welche von verschiedenen Messmerkmalen ausgehen und zur Bestimmung der Lage des Objekts herangezogen werden, jeweils ein großer Zwischenwinkel besteht. Ein erfindungsgemäß großer Zwischenwinkel ist dann gegeben, wenn die von verschiedenen Messmerkmalen ausgehenden Sehstrahlen
20 nicht parallel oder im Wesentlichen parallel verlaufen. Vorzugsweise ist die Aufnahmeeinrichtung so positioniert, dass die oder möglichst viele Zwischenwinkel größer als etwa 10° sind. Dies stellt keine scharfe Grenze dar, da die Größe des Zwischenwinkels die Genauigkeit des Ergebnisses bestimmt. Bei
entsprechend geringeren Genauigkeitsanforderungen können daher auch kleinere Winkel von bspw. 5° bis 6° ausreichen. Dies gilt insbesondere dann, wenn
25 nur wenige, bspw. ein oder zwei Zwischenwinkel, kleiner sind als die bevorzugten Zwischenwinkel von größer etwa 8° bis 10° . Entsprechende Winkelbegrenzungen gelten bei der Annäherung der Zwischenwinkel an 180° . In diesem Fall lässt sich immer noch eine ausreichende Genauigkeit erreichen. Es hat sich
30 erfindungsgemäß herausgestellt, dass es möglich ist, mehrere Messmerkmale

- 8 -

mit einer Kamera zu erfassen und mit ausreichender Genauigkeit auszuwerten, wenn insbesondere die Winkel zwischen den einzelnen, von diesen Messmerkmalen ausgehenden Sehstrahlen ausreichend groß sind. Dann verlaufen die verschiedenen Sehstrahlen nicht parallel bzw. nicht im Wesentlichen parallel.

5 Die erreichbare Genauigkeit bei der Positionsbestimmung wird dabei um so höher, je größer die Zwischenwinkel zwischen den Sehstrahlen sind.

Dies gilt erfindungsgemäß auch für den Fall, dass jeweils nur ein Messmerkmal in der einer Aufnahmeeinrichtung erfasst wird, wobei insgesamt mehrere Aufnahme-
10 nagepositionen verwendet werden (mehrere Aufnahmeeinrichtungen oder mehrere Positionen einer Aufnahmeeinrichtung nacheinander). Auch in diesem Fall ist die Ausrichtung der optischen Achsen der Aufnahmeeinrichtung(en) an den Aufnahmepositionen nicht entscheidend, solange die von den zur Auswertung herangezogenen Sehstrahlen verschiedener Messmerkmale ausreichend
15 große Zwischenwinkel aufweisen. Daher ist ein eigenständiger Aspekt der vorliegenden Erfindung darauf ausgerichtet, ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts im Raum vorzuschlagen, bei dem Messmerkmale des Objekts mit mindestens einer auf ein Raum-Koordinatensystem kalibrierten optischen Aufnahmeeinrichtung aufgenommen werden und anhand dieser Mess-
20 merkmale in einer Bildverarbeitungseinrichtung die Lage des Objekts in dem Raum-Koordinatensystem bestimmt wird. Dabei wird die Aufnahmeeinrichtung derart positioniert, dass zwischen in die eine oder die mehreren Aufnahmeinrichtung(en) fallenden Sehstrahlen, welche von verschiedenen Messmerkmalen ausgehen und zur Bestimmung der Lage des Objekts herangezogen werden,
25 jeweils ein großer Zwischenwinkel besteht.

In der Praxis werden in der Regel ausreichende Genauigkeiten bei der Lagebestimmung erreicht, wenn die Zwischenwinkel zwischen den Sehstrahlen insbesondere in einem Bereich von etwa 10° und 170° liegen. Je nach Anwendungs-
30 fall kann jedoch auch ein größerer oder kleinerer Winkelbereich sinnvoll sein.

Eine optimale Genauigkeit wird erreicht, wenn die Aufnahmeeinrichtung je nach Anwendungsfall derart positioniert und/oder eingerichtet wird, dass jeweils ein möglichst großer Zwischenwinkel besteht. Dies kann bspw. durch eine Abstimmung von Aufnahmeentfernung und Brennweite des Objektivs der Aufnahmeeinrichtung erreicht werden. Zur Erzielung möglichst großer Winkel zwischen den Sehstrahlen ist der Einsatz von insbesondere kurzbrennweitigen Objektiven mit großen Öffnungswinkeln förderlich. Bei solchen Weitwinkelobjektiven sind die Variationen von Skalierungsänderungen und projektiven Verzeichnungen der Objektabbildung in der Aufnahmeeinrichtung, welche bspw. durch eine Kamera mit einem CCD-Sensor gebildet wird, in Abhängigkeit der Objektlage und Orientierung groß, wodurch die Messgenauigkeit verbessert wird. Dabei wird die Aufnahmeeinrichtung vorzugsweise so nah an dem Objekt positioniert, dass die zur Positionsbestimmung heranzuziehenden Messmerkmale gerade noch von der Aufnahmeeinrichtung erfasst werden. Dann wird die von der Aufnahmeeinrichtung angebotene sensitive Fläche, bspw. ein CCD-Chip, optimal ausgenutzt.

Entscheidend für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, dass die Koordinaten der Messmerkmale in dem zu vermessenden Objekt zugeordneten Koordinaten, d. h. in den Objekt-Koordinatensystem, für die Bildauswertung bekannt sind und/oder durch diese ermittelt werden können. Dies kann erfindungsgemäß dadurch erreicht werden, dass die Objektdaten mit den Koordinaten der Messmerkmalen der Bildverarbeitung bspw. in Form von Konstruktionsdaten vorgegeben werden. Entsprechend einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es auch möglich, die Koordinaten der Messmerkmale auf den Objekten zu erlernen. Dazu wird das Objekt in mehreren bekannten Lagen durch die Aufnahmeeinrichtung aufgenommen. Die aufgenommenen Bilder werden dann entsprechend ausgewertet und die Koordinaten den jeweiligen Messmerkmalen zugeordnet. Dabei kann die Bildverarbeitung

bspw. alle möglichen, auf dem Objekt zur Verfügung stehenden Messmerkmale erfassen, so dass für die Bestimmung der Lage des Objektes im Raum eine Vielzahl verschiedener Messmerkmale zur Verfügung stehen.

5 Gemäß einer Weiterentwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Auswahl der von einer Aufnahmeeinrichtung zu erfassenden Messmerkmale, die Position der Aufnahmeeinrichtung und/oder die Brennweite der Aufnahmeeinrichtung selbsttätig bestimmt. Dies bietet sich insbesondere bei bewegbaren Aufnahmeeinrichtungen an, da bei diesen der aufzunehmende Bildausschnitt
10 des Objektes so ausgewählt werden kann, dass signifikante, für die Lagebestimmung des Objektes besonders geeignete Messmerkmale den sensitiven Bereich der Aufnahmeeinrichtung optimal abdecken. Dazu kann die Aufnahmeeinrichtung bspw. ein Testbild des Objektes machen. Die Bildverarbeitung identifiziert in diesem Testbild die erkennbaren Messmerkmale. Durch Überprüfung
15 verschiedener Aufnahmepositionen und/oder verschiedener für die Auswertung verwendeter Messmerkmale kann dann automatisch die optimale Aufnahmeposition ermittelt werden. Ggf. kann zusätzlich auch die Brennweite des Objektives der Aufnahmeeinrichtung angepasst werden, sofern die Brennweite bei der Aufnahmeeinrichtung automatisch einstellbar ist.

20 Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von
25 ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen und/oder deren Rückbezügen.

Es zeigen:

Fig. 1 schematisch die Bestimmung der Objektlage in einem Raum-Koordinatensystem mit einer stationären Aufnahmeeinrichtung;
30

Fig. 2 schematisch die Bestimmung der Objektlage in einem Raum-Koordinatensystem mit einer bewegten Kamera und

5 Fig. 3 schematisch die Bestimmung der Objektlage in einem Raum-Koordinatensystem relativ zu einer Nulllage des Objekts.

In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes System dargestellt, mit dem das Verfahren zur Bestimmung Lage eines Objekts 1 im Raum gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden kann. Dieses zeigt ein Objekt 1, dessen Lage im Raum bestimmt werden soll. Diese Anforderung besteht häufig bei Produktions- und Montagevorgängen in automatisierten Produktionsstraßen, bei denen das Objekt 1 bspw. durch ein Förderband oder dgl. im Raum positioniert wird. Die Lage des Objektes 1 ist dann unbekannt. Ziel der Lagebestimmung ist es zu-

10 meist, einen Montage-, Greif- oder Bearbeitungsvorgang an einem Fertigungsobjekt 1 in unbekannter Lage durchführen zu können. Eine Montage muss dabei in der Regel immer an einem gleichen Bezugspunkt auf dem Objekt 1 stattfinden. Um dies zu erreichen, muss bei unbekannter Lage des Objektes 1 diese gemessen und ein Handhabungsgerät 2, welches das zu montierende Teil an dem Objekt 1 anbringen soll, entsprechend dem Messergebnis nachgeführt werden. Die an dem Objekt 1 durchzuführenden Aufgaben reichen u.a. vom Anbringen von Komponenten, beispielsweise Einsetzen einer Tür in eine Karosse, oder dem gezielten Aufbringen von Material, beispielsweise Klebstoffe oder Dichtungsmaterial auf einem Objekt 1, bis hin zum Durchführen von Montage-

15 bewegungen an dem Objekt, beispielsweise Verschraubung von Verbindungen, Verschweißen mechanisch vorpositionierter Teilobjekte oder dgl.. Ferner kann es beabsichtigt sein, das Objekt zu greifen, um es zu bewegen. Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist jedoch nicht auf diese Anwendungsfälle beschränkt, sondern kann allgemein bei der Lagebestimmung eines beliebigen

25 Körpers im Raum Verwendung finden.

30

Zur Bestimmung der Lage des Objektes 1 im Raum wird das Objekt 1 mit einer Aufnahmeeinrichtung 3, beispielsweise einer optischen Kamera mit einem CCD-Sensor, aufgenommen. Dabei wird das Objekt 1 mit Messmerkmalen 4 abgebildet, die für die Auswertung der Lage des Objektes 1 im Raum herangezogen werden. Bei diesen Messmerkmalen 4 kann es sich um ausgezeichnete Punkte handeln, d.h. punktförmige Merkmale, die im Raum keine Orientierung aufweisen. Ferner können geometrische Formen, wie Kreise, Striche, der Schwerpunkt eines besonders gekennzeichneten Gebietes, Objektecken oder -kanten oder sonstige Merkmale herangezogen werden, die in dem von der Aufnahmeeinrichtung 3 aufgenommenen Bild eindeutig identifiziert werden können. Wenn die Lage des Objektes 1 im Raum in sechs Freiheitsgraden, d.h. im Hinblick auf Position und Orientierung, unbekannt ist, werden mindestens drei Messmerkmale 4 zur Auswertung herangezogen, die auf dem Objekt voneinander beabstandet sind und in der einen Aufnahmeeinrichtung 3 erfasst werden. Prinzipiell ist es jedoch auch möglich, mehrere Aufnahmeeinrichtungen 3 vorzusehen.

Durch die Aufnahme der Messmerkmale 4 des Objektes 1 wird in der Aufnahmeeinrichtung 3 ein zweidimensionales Abbild des Objektes 1 mit den Messmerkmalen 4 erzeugt. In einer an die Aufnahmeeinrichtung 3 angeschlossenen, nicht gesondert dargestellten Bildverarbeitungseinrichtung wird das aufgenommene Bild dann verarbeitet. Aufgrund der dreidimensionalen Kalibrierung der Aufnahmeeinrichtung 3 in dem Raum-Koordinatensystem 5, bei dem es sich insbesondere um das Weltbezugs-Koordinatensystem handelt, und der bekannten Abbildungseigenschaften der Aufnahmeeinrichtung 3 können den Messmerkmalen 4 des Objektes 1 definierte Raumpunkte zugewiesen werden. Da gleichzeitig die Koordinaten der Messmerkmale 4 relativ zueinander in dem Objekt-Koordinatensystem 6 bekannt sind, lässt sich die Lage des Objektes 1 sowohl im Hinblick auf die Position als auch die Orientierung im Raum genau ermitteln.

Diese Informationen können verwendet werden, um das Handhabungsgerät 2 so zu steuern, dass das Objekt 1 beispielsweise an eine vorbestimmte Raumposition bewegt wird oder an dem Handhabungsgerät 2 befindliche Montagegegenstände positionsgenau an dem Objekt 1 angebracht werden.

Eine hohe Genauigkeit lässt sich trotz der Auswertung von mehreren Messmerkmalen 4 in einer Aufnahmeeinrichtung 3 dann erreichen, wenn die ausgewerteten Messmerkmale 4 auf dem Objekt 1 weit genug auseinanderliegen. In diesem Fall sind auch die Zwischenwinkel zwischen von den einzelnen Messmerkmalen 4 in die Aufnahmeeinrichtung einfallenden Sehstrahlen 7 ausreichend groß, so dass die mathematischen Auswertealgorithmen ein stabiles Positionsergebnis liefern. Dabei wird die Position der Aufnahmeeinrichtung 3 vorzugsweise so gewählt, dass möglichst viele Sehstrahlen 7 zu für die Auswertung herangezogenen Messmerkmalen 4 einen möglichst großen Zwischenwinkel aufweisen. Vorteilhaft ist es, wenn der Zwischenwinkel zwischen Sehstrahlen 7 zu möglichst vielen Messmerkmalen jeweils größer als etwa 10° ist.

Fig. 2 zeigt ein vergleichbares System zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die Aufnahmeeinrichtung 3 selbst an einem Handhabungsgerät 8 angebracht ist. In diesem Fall werden in einer ersten Aufnahme- position der Aufnahmeeinrichtung 3, welche mit durchgezogenen Strichen dargestellt ist, ein Teil der für die Auswertung herangezogenen Messmerkmale 4 erfasst. Danach wird die Aufnahmeeinrichtung 3 in eine zweite Aufnahme- position überführt, welche mit gestrichelten Linien dargestellt ist. In dieser zweiten Aufnahme- position werden weitere Messmerkmale 4 aufgenommen, die für die Auswertung der Lage des Objektes 1 im Raum herangezogen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann, wie in Fig. 3 dargestellt, auch verwendet werden, um die Relativverschiebung 9 eines Objektes 1 im Raum zu erfassen.

– 14 –

sen. Das angewendete Prinzip ist dabei dasselbe, wie in den zuvor beschriebenen Verfahrensvarianten. Durch eine Aufnahmeeinrichtung 3 werden verschiedene Messmerkmale 4 des Objektes 1 in den verschiedenen Raumpositionen erfasst und mittels einer nicht gesondert dargestellten Bildauswertereinrichtung
5 ausgewertet. Durch Vergleich der verschiedenen Lagen des Objektes 1 im Raum zu verschiedenen Zeitpunkten kann dann die Lage des Körpers relativ zu einer Nulllage ermittelt werden.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt insbesondere darin, dass
10 mehrere Messmerkmale 4, vorzugsweise bis zu fünf Messmerkmale 4, gleichzeitig in einer Auswerteeinrichtung erfasst und ausgewertet werden können. Dies vereinfacht und beschleunigt die Bestimmung der Objektlage im Raum im Vergleich zu bisher bekannten Verfahren erheblich.

Bezugszeichenliste:

5	1	Objekt
	2	Handhabungsgerät
	3	Aufnahmeeinrichtung
	4	Messmerkmal
	5	Raum-Koordinatensystem
10	6	Objekt-Koordinatensystem
	7	Sehstrahlen
	8	Handhabungsgerät
	9	Relativverschiebung

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts im Raum (1), bei dem
5 Messmerkmale (4) des Objekts (1) mit einer auf ein Raum-Koordinatensystem
(5) kalibrierten optischen Aufnahmeeinrichtung (3) aufgenommen werden und
anhand dieser Messmerkmale (4) in einer Bildverarbeitungseinrichtung die Lage
des Objekts (1) in dem Raum-Koordinatensystem (5) bestimmt wird, **dadurch**
gekennzeichnet, dass mindestens zwei Messmerkmale (4) des Objekts (1) in
10 einer Aufnahmeeinrichtung (3) gleichzeitig erfasst und zur Bestimmung der Lage
des Objekts (1) herangezogen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens
15 drei Messmerkmale (4) aus mindestens einem aufgenommenen Bild ausgewer-
tet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass es
sich bei den Messmerkmalen (4) um ausgezeichnete Punkte handelt.
- 20 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch ge-
kennzeichnet**, dass mehrere Aufnahmeeinrichtungen (3) verwendet werden.
5. Verfahren nach Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Mess-
merkmal (4) in mehreren Aufnahmeeinrichtungen (3) abgebildet wird.
25
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch ge-
kennzeichnet**, dass eine stationäre und/oder eine bewegbare Aufnahmeeinrich-
tung (3) verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass für eine bewegbare Aufnahmeeinrichtung (3) nach einer Bewegung die Lage der Aufnahmeeinrichtung (3) in dem Raum-Koordinatensystem (5) bestimmt wird.
- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeeinrichtung (3) derart positioniert wird, dass zwischen in die Aufnahmeeinrichtung (3) fallenden Sehstrahlen (7), welche von verschiedenen Messmerkmalen (4) ausgehen und zur Bestimmung der Lage des Objekts (1) herangezogen werden, jeweils ein großer Zwischenwinkel be-
10 steht.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zwischenwinkel zwischen etwa 10° und etwa 170° liegt.
- 15 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeeinrichtung (3) derart positioniert und/oder eingerichtet wird, dass jeweils ein möglichst großer Zwischenwinkel besteht.
- 20 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor Anwendung des Verfahrens die Koordinaten der Messmerkmale (4) in einem Objekt-Koordinatensystem (6) erlernt werden, indem das Objekt (1) in mehreren bekannten Lagen durch die Aufnahmeeinrichtung (3) aufgenommen wird.
- 25 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahl der von einer Aufnahmeeinrichtung (3) zu erfassenden Messmerkmale, die Position der Aufnahmeeinrichtung (3) und/oder die Brennweite der Aufnahmeeinrichtung (3) selbsttätig bestimmt werden.

Fig.1

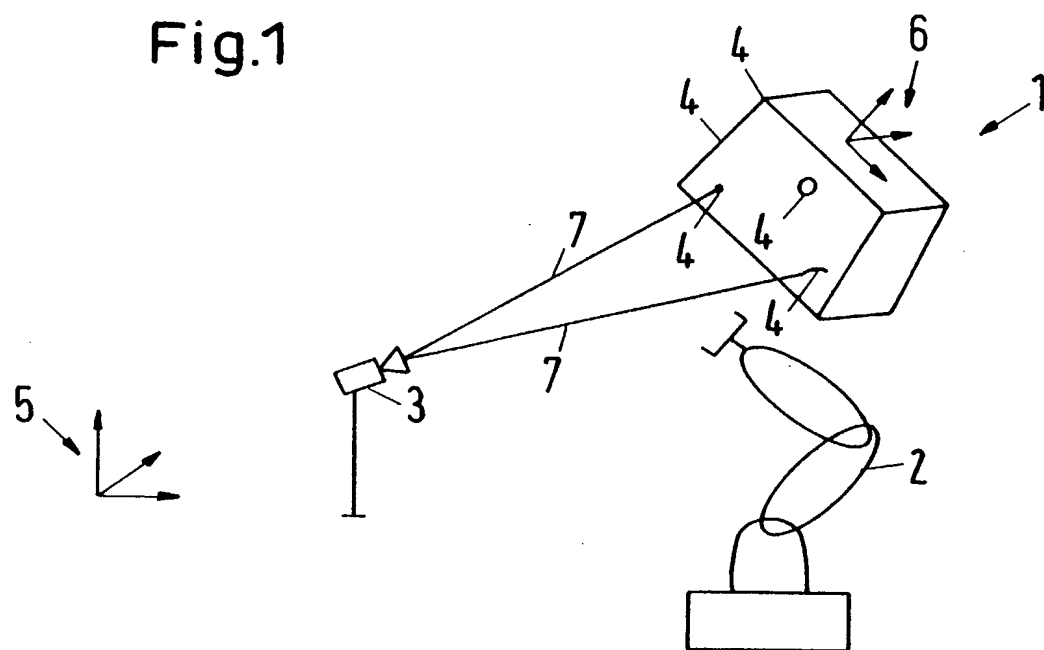


Fig.2

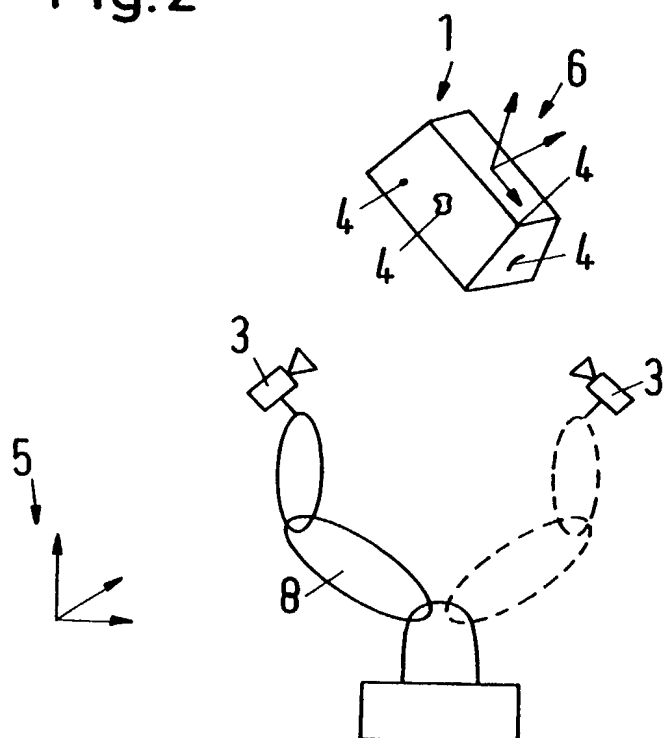
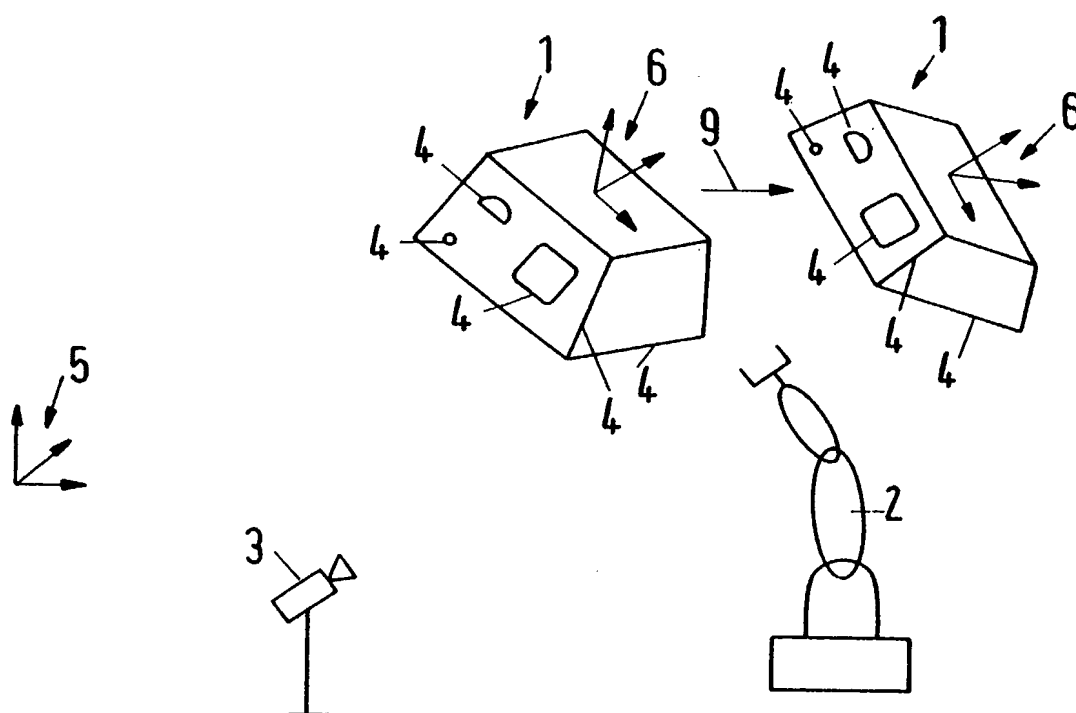


Fig.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte al Application No
PCT/EP2005/000971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01B11/00 G01S5/16 B25J9/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01B G01S B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 101 11 729 A1 (ISRA VISION SYSTEMS AG) 26 September 2002 (2002-09-26) column 1, line 58 - column 3, line 51	1-6,11
A	figure 1	7-10,12
X	DE 100 26 711 A1 (SICK AG) 6 December 2001 (2001-12-06) column 4, line 36 - column 5, line 68	1,3-10, 12
A	figures 1,3	2,11
X	DE 33 02 177 A1 (DIFFRACTO LTD) 25 August 1983 (1983-08-25) page 20, lines 1-4	1-6, 8-10,12
A	pages 67-75; figure 17	7,11
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 May 2005

Date of mailing of the international search report

18/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kunz, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/000971

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 254 (P-1538), 19 May 1993 (1993-05-19) & JP 04 370704 A (TAKENAKA KOMUTEN CO LTD), 24 December 1992 (1992-12-24) abstract</p> <p>-----</p>	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int International Application No
PCT/EP2005/000971

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 10111729	A1	26-09-2002	NONE			
DE 10026711	A1	06-12-2001	NONE			
DE 3302177	A1	25-08-1983	JP	58217285 A		17-12-1983
			US	5956417 A		21-09-1999
			US	6314631 B1		13-11-2001
			US	5608847 A		04-03-1997
			US	6163946 A		26-12-2000
			US	6044183 A		28-03-2000
			US	6301763 B1		16-10-2001
			US	5602967 A		11-02-1997
			US	6167607 B1		02-01-2001
			US	5506682 A		09-04-1996
			US	4654949 A		07-04-1987
			US	6317953 B1		20-11-2001
JP 04370704	A	24-12-1992	JP	2896539 B2		31-05-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/000971

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01B11/00 G01S5/16 B25J9/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01B G01S B25J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 101 11 729 A1 (ISRA VISION SYSTEMS AG) 26. September 2002 (2002-09-26) Spalte 1, Zeile 58 - Spalte 3, Zeile 51	1-6,11
A	Abbildung 1	7-10,12
X	DE 100 26 711 A1 (SICK AG) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) Spalte 4, Zeile 36 - Spalte 5, Zeile 68	1,3-10, 12
A	Abbildungen 1,3	2,11
X	DE 33 02 177 A1 (DIFFRACTO LTD) 25. August 1983 (1983-08-25) Seite 20, Zeilen 1-4	1-6, 8-10,12
A	Seiten 67-75; Abbildung 17	7,11
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Mai 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kunz, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte
ales Aktenzeichen
PCT/EP2005/000971

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 254 (P-1538), 19. Mai 1993 (1993-05-19) & JP 04 370704 A (TAKENAKA KOMUTEN CO LTD), 24. Dezember 1992 (1992-12-24) Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	1-3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/000971

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10111729	A1	26-09-2002	KEINE		
DE 10026711	A1	06-12-2001	KEINE		
DE 3302177	A1	25-08-1983	JP	58217285 A	17-12-1983
			US	5956417 A	21-09-1999
			US	6314631 B1	13-11-2001
			US	5608847 A	04-03-1997
			US	6163946 A	26-12-2000
			US	6044183 A	28-03-2000
			US	6301763 B1	16-10-2001
			US	5602967 A	11-02-1997
			US	6167607 B1	02-01-2001
			US	5506682 A	09-04-1996
			US	4654949 A	07-04-1987
			US	6317953 B1	20-11-2001
JP 04370704	A	24-12-1992	JP	2896539 B2	31-05-1999